





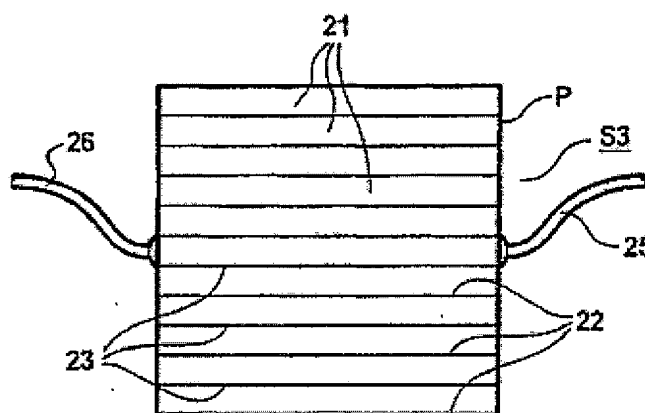


**PIEZOELECTRIC ELEMENT****Publication number:** WO0148834**Publication date:** 2001-07-05**Inventor:** HOFMANN HERBERT DI; RIEDEL MICHAEL (DE);  
SCHMID ANDREAS JOSEPH (DE)**Applicant:** SIEMENS AG (DE); HOFMANN RENATE (DE); RIEDEL  
MICHAEL (DE); SCHMID ANDREAS JOSEPH (DE)**Classification:****- international:** H01L41/04; H01L41/053; H01L41/083; H01L41/09;  
H01L41/00; H01L41/083; H01L41/09; (IPC1-7):  
H01L41/00**- European:** H01L41/04; H01L41/083; H01L41/09G**Application number:** WO2000DE04622 20001222**Priority number(s):** DE19991062621 19991223**Also published as:** WO0148834 (A3)**Cited documents:** WO9925033  
 WO9837343  
 DE4036287  
 DE19620826  
 XP000722417**Report a data error here****Abstract of WO0148834**

The invention relates to a piezoelectric element, comprising at least one piezoceramic layer (1, 10, 21) that is located between electrodes (4, 5, 12, 13, 14, 16, 22, 23). An element of this type can be used as a sensor, an actuator or similar. In order to increase the life cycle of the piezoelectric element, in particular during use in a humid or chemically aggressive atmosphere, the piezoelectric element is coated (P) externally with parylene.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
5. Juli 2001 (05.07.2001)

PCT

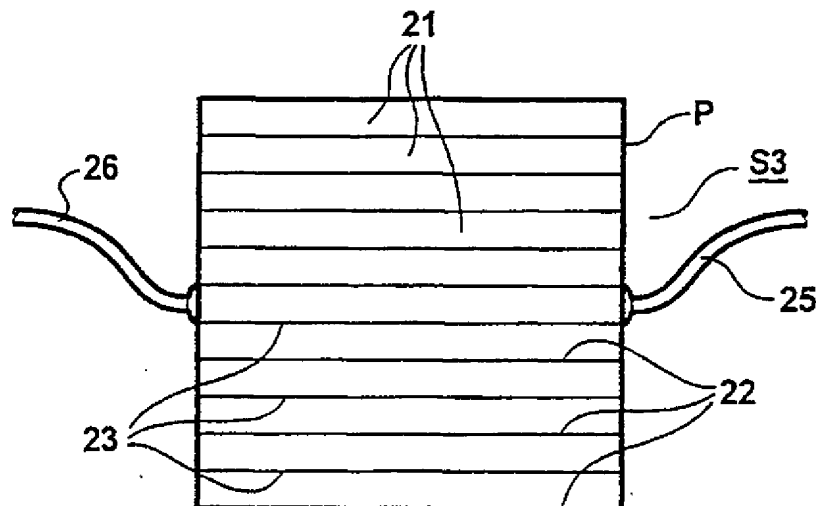
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/48834 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01L 41/00** (71) Anmelder (nur für US): **HOFMANN, Renate** [DE/DE];  
Loshülze 16, 96257 Redwitz (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/04622** (72) Erfinder: **HOFMANN, Herbert** (verstorben).
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
22. Dezember 2000 (22.12.2000) (72) Erfinder; und
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch** (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RIEDEL, Michael**  
[DE/DE]; Johann-Sebastian-Bach-Str. 6, 96472 Rödental (DE). **SCHMID, Andreas Joseph** [DE/DE];  
Georg-Friedrich-Händel-Str. 27, 96247 Michelau (DE).
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:  
199 62 621.9 23. Dezember 1999 (23.12.1999) DE (74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE). (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, KR, RU, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **PIEZOELECTRIC ELEMENT**

(54) Bezeichnung: **PIEZOELEKTRISCHES ELEMENT**



(57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric element, comprising at least one piezoceramic layer (1, 10, 21) that is located between electrodes (4, 5, 12, 13, 14, 16, 22, 23). An element of this type can be used as a sensor, an actuator or similar. In order to increase the life cycle of the piezoelectric element, in particular during use in a humid or chemically aggressive atmosphere, the piezoelectric element is coated (P) externally with parylene.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein piezoelektrisches Element mit mindestens einer zwischen Elektroden (4,5,12,13,14,16,22,23) angeordneten piezokeramischen Schicht (1,10,21). Ein solches Element kann als Sensor, Stellelement, Aktor und dergleichen verwendet werden. Zur Erhöhung der Lebensdauer des piezoelektrischen Elements, insbesondere bei einem Einsatz in feuchter oder chemisch aggressiver Atmosphäre oder in Flüssigkeiten, ist das piezoelektrische Element mit einer äußeren Beschichtung (P) aus Parylene versehen.

WO 01/48834 A2



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

## Beschreibung

## Piezoelektrisches Element

- 5 Die Erfindung betrifft ein piezoelektrisches Element mit mindestens einer zwischen Elektroden angeordneten piezokeramischen Schicht, welches sich insbesondere für den Einsatz in feuchter oder aggressiver Umgebung eignet.
- 10 Ein piezoelektrisches Element der eingangs genannten Art dient vorrangig zur Ausnutzung des indirekten oder reziproken piezoelektrischen Effekts, d.h. der Umwandlung von elektrischer in mechanische Energie. Gleichwohl eignet sich ein derartiges piezoelektrisches Element aber auch dazu, mechanische
- 15 in elektrische Energie umzuwandeln. Hierbei wird der direkte piezoelektrische Effekt ausgenutzt.

Für ein piezoelektrisches Element, wie es in seinem einfachsten Aufbau vorstehend beschrieben ist, gibt es eine Vielzahl

20 von technischen Anwendungen. Solche Anwendungen sind z.B. als piezoelektrischer Druckkopf für einen Tintenstrahldrucker, als Schallaufnehmer oder -erzeuger für Mikrophone bzw. Lautsprecher, als Sensor für die Beschleunigungs- oder Druckmessung, als Stellelement in Braille-Zeilen, in Lesegeräten für

25 Blinde, in Textilmaschinen, in Pneumatikventilen, in Einspritzventilen oder in schreibenden Meßgeräten sowie in berührungslosen Oberflächenmeßinstrumenten usw.

Gemäß der EP 0 455 342 B1 und der EP 0 468 796 A1 wird ein

30 piezoelektrisches Element in einer Schichtstruktur aufgebaut. Dabei wird eine piezokeramische Schicht zur Verbesserung der mechanischen Stabilität des Elements oder zum Zwecke einer besseren Umsetzung von elektrischer in mechanische Energie oder umgekehrt auf einen Träger oder Tragkörper aufgebracht.

35 Für die elektrische Kontaktierung ist die piezokeramische Schicht beidseitig mit Elektroden in Form einer flächigen Belegung aus einem leitfähigen Material versehen.

Je nach Anwendung kann der Träger ein- oder zweiseitig mit der beschriebenen Schichtabfolge aus piezokeramischer Schicht und Elektroden versehen sein. Gemäß der DE 34 34 726 C2 können auch mehrere Lagen piezokeramischer Schichten einschließlich der Elektroden übereinander gestapelt sein. Bei einer solchen Stapelung braucht der Tragkörper nicht vorhanden zu sein. Je nach Anzahl der piezoelektrisch aktiven Schichten spricht man von einem mono-, bi-, tri- oder dann multimorphen piezoelektrischen Element.

Ein als Biegewandler ausgestaltetes mono- oder bimorphes piezoelektrisches Element findet sich beispielsweise in der DE 196 20 826 C2. Ein ebenfalls als Biegewandler ausgestaltetes multimorphes piezoelektrisches Element ist in der WO 99/17383 A offenbart.

Piezoelektrische Elemente ohne Tragkörper in Vielschichtaufbau sind beispielsweise aus der DE 196 46 676 C1 oder aus der EP 0 844 678 A1 bekannt. Derartige auch als "Aktoren" bekannte piezoelektrische Elemente werden als Antriebselemente für Pneumatik- oder Einspritzventile eingesetzt.

Als Stellelemente (Biegewandler, Aktoren) ausgestaltete piezoelektrische Elemente ersetzen allmählich herkömmliche auf der Magnettechnologie aufbauende Stellelemente. Auch in der Sensorik erschließen sich für piezoelektrische Elemente immer weitere Einsatzmöglichkeiten. Nachteiligerweise zeigen jedoch sowohl die piezokeramischen Schichten als auch die häufig als Metallisierung aufgetragenen Elektroden eine gewisse Empfindlichkeit gegenüber äußeren Einflüssen, wie Wasserdampf oder einer chemisch aggressiven Umgebung. Aus diesem Grund ist die Lebensdauer von piezoelektrischen Elementen, die beispielsweise in mit Flüssigkeiten, wie Wasser, Kraftstoffen oder Bremsflüssigkeiten sowie mit korrodierenden Gasen beaufschlagten Ventilen angeordnet sind, noch nicht zufriedenstellend lange.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein piezoelektrisches Element anzugeben, das auch in einer feuchten, korrodierenden oder chemisch aggressiven Umgebung eine hohe Lebensdauer aufweist.

5

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das piezoelektrische Element eine äußere Beschichtung aus Parylene aufweist. Parylene ist dabei eine Gruppenbezeichnung für thermoplastische Polymerfilme aus Poly-Para-Xylylen, wobei  
10 die aromatischen Wasserstoff-Atome durch Chlor-Atome ersetzt sein können. Entsprechend spricht man bei einem unsubstituierten Poly-Para-Xylylen von Parylene N, im Falle der Substitution eines Wasserstoff-Atoms durch ein Chlor-Atom von Parylene C und im Falle der Substitution von zwei aromatischen  
15 Wasserstoff-Atomen durch zwei Chlor-Atome von Parylene D.

Parylene entsteht aus p-Xylol, welches in einer ersten Reaktionsstufe ein dimeres Paracyclophan bildet, welches in einer Sublimationskammer bei ca. 600 bis 680 °C zu monomerem, bira-  
20 dikalischem p-Xylylen pyrolisiert wird. Dieses polymerisiert filmartig (der sogenannte Goreham-Prozeß) bei Temperaturen unter 35 °C zu Polymeren mit n von ca. 5000 und einem Molekulargewicht von etwa 500000.

25 Zu den chemischen Strukturen von Parylene N, Parylene C und Parylene D siehe auch Figuren 6, 7 bzw. 8.

In den Handel gelangt Parylene als das feste Dimer. Zur Beschichtung unterschiedlichster Materialien wird in einem ersten Schritt das feste Dimer bei ungefähr 150 °C verdampft.  
30 In einem zweiten Schritt wird das Dimer bei etwa 680 °C pyrolisiert, wodurch das stabile monomere diradiaklische Para-Xylylen enthalten wird. Dieses Monomer wird anschließend bei Raumtemperaturen und niedrigem Druck in einer Beschichtungs-  
35 kammer auf der Oberfläche des zu beschichtenden Substrats adsorbiert, wobei es polymerisiert.

Das vorstehend beschriebene Beschichtungsverfahren soll dabei keine Einschränkung hinsichtlich des Aufbringens einer äußeren Beschichtung aus Parylene auf das piezoelektrische Element gemäß der Erfindung darstellen. Obschon das beschriebene  
5 Verfahren eines der gängigsten Verfahren zum Aufbringen einer Beschichtung aus Parylene ist, gibt es selbstverständlich daneben eine ganze Reihe weiterer Beschichtungsverfahren, die sich in den einzelnen Parametern oder Arbeitsschritten unterscheiden können.

10

Hinsichtlich einer guten Umsetzung von elektrischer in mechanische Energie ist es vorteilhaft, wenn das piezoelektrische Element einen Träger aufweist, der die piezokeramische Schicht trägt. Ein solches piezoelektrisches Element eignet  
15 sich insbesondere als ein Biegewandler, d.h. als ein Stell- oder Steuerelement, in vielerlei technischen Anwendungen, wo ausgehend von einem elektronischen Steuerimpuls eine mechanische Auslenkung gefordert ist. Solche Anwendungen sind z.B. Textilmaschinen, in denen abhängig von der Auslenkung eines  
20 Biegewandlers eine Masche geknüpft wird oder nicht oder Ventile, in welchen die Auslenkung eines Biegewandlers zum Schließen oder Öffnen des Ventils herangezogen wird.

Ebenfalls wird vorteilhafterweise eine gute Umsetzung von  
25 elektrischer in mechanische Energie erzielt, wenn das piezoelektrische Element mindestens einen Stapel aus einer Mehrzahl von piezokeramischen Schichten und dazwischen angeordneten Elektroden aufweist. Aufgrund der dünnen piezokeramischen Einzelschichten und dem damit verbundenen kleinen Abstand  
30 zwischen benachbarten Elektroden kann ein hohes elektrisches Feld am Ort der Piezokeramik erzielt werden. Bei vergleichbarer Dicke des Stapels und einer einzelnen piezokeramischen Schicht wird demnach bei gleicher Versorgungsspannung von einem piezoelektrischen Element mit einem Stapel aus piezokeramischen Schichten eine höhere mechanische Energie zur Verfügung  
35 gestellt.

Hinsichtlich des Anschlusses der Elektroden an eine externe Versorgungsspannung ist es vorteilhaft, wenn die elektrische Kontaktierung der Elektroden über mindestens einen gebondeten Kontaktdraht erfolgt. Diese Technik ist beispielsweise aus  
5 der Mikroelektronik bekannt, wobei die Anschlüsse eines Mikrochips über daran gebondete feine Kontaktdrähte nach außen zu einem Kontaktstift geführt werden. Dabei wird der Kontaktdraht in der Regel maschinell über eine feine Lötstelle mit den Anschlüssen kontaktiert. Bei diesem Verfahren spricht man  
10 von einem Bonding-Verfahren. Ein solches Verfahren bietet sich auch für ein piezoelektrisches Element an, insbesondere dann, wenn es notwendig wird, viele einzelne piezoelektrische Elemente in einem Modul zusammenzufassen. Die Kontaktdrähte können dann ebenfalls maschinell direkt auf die Elektroden  
15 gebondet werden und nach außen zu einem Kontaktstift geführt werden.

Falls ein Träger vorhanden ist, können die Elektroden in Form einer Metallisierung auf den freien Teil des Trägers gezogen  
20 werden und dort mit dem Kontaktdraht gebondet werden. Falls das piezoelektrische Element keinen Träger aufweist, so werden die Elektroden entsprechend der gewünschten Spannungsversorgung nach außen mit einer auf einer Seitenfläche des piezoelektrischen Elements angeordneten äußeren, flächigen Elektrode kontaktiert. Diese äußere Elektrode kann dann ebenfalls  
25 mit dem Kontaktdraht gebondet werden.

Für einen Kontaktdraht, der gemäß dem Bonding-Verfahren mit einer Elektrode eines piezoelektrischen Elements kontaktiert  
30 ist, bietet sich eine Dicke von 20 bis 200 µm an. Beim sogenannten Dünndrahtbonden sind insbesondere Dicken zwischen 20 und 100 µm üblich.

Vorteilhafterweise ist ein derartiger Kontaktdraht zumindest  
35 auf einem Teilstück ebenfalls mit Parylene beschichtet. Es hat sich nämlich gezeigt, daß aufgrund einer derartigen Be-



schichtung mit Parylene die dünnen Kontaktdrähte eine erhöhte mechanische Festigkeit gegen Bruch aufweisen.

Besonders von Vorteil für ein piezoelektrisches Element in feuchter Umgebung ist eine äußere Beschichtung aus Parylene C. Eine solche Beschichtung zeigt gegenüber einer Beschichtung mit Parylene D oder Parylene N eine verringerte Wasserdurchlässigkeit. Ist eine hohe Temperaturfestigkeit bis größer 125 °C gefordert, so empfiehlt sich jedoch Parylene N.

Vorteilhafterweise beträgt die Dicke der äußeren Beschichtung aus Parylene 20 bis 50 µm. Bei einer solchen Dicke ist eine hinreichende Beständigkeit gegen chemische, mechanische, gasförmige und fluidische Umgebungseinflüsse gegeben. Auch zeigt eine Beschichtung in der angegebenen Dicke aufgrund der großen Dielektrizitätszahl von Parylene ein hohes Isolationsvermögen. Auf diese Weise wird eine hohe Durchschlagsfestigkeit und somit eine gute Isolation gegen äußere Berührungen erzielt. Gegenüber anderen Beschichtungen wie Lacken wird durch die Beschichtung aus Parylene in der angegebenen Dicke die äußere Geometrie des piezoelektrischen Elements nicht verändert. Zudem ist das Aufquellverhalten von Parylene auch auf Piezokeramiken unter Wasserdampf minimal.

Eine äußere Beschichtung aus Parylene bietet also nicht nur einen hervorragenden Schutz gegen äußere Einflüsse und eine chemische Beständigkeit gegen eine Vielzahl von gasförmigen, fluidischen und festen Medien, sondern dient gleichzeitig auch zur Isolation des piezoelektrischen Elements und trägt damit zur Erhöhung seiner Berührsicherheit bei. Bei einer äußeren Beschichtung mit Parylene kann also auf herkömmliche Beschichtungen zur Isolation wie Lacke und dergleichen verzichtet werden.

Sollte dennoch die Wasserdurchlässigkeit von Parylene aufgrund eines Einsatzes des piezoelektrischen Elements in sehr feuchter Umgebung nicht genügen, so ist es vorteilhaft, wenn

auf die äußere Beschichtung aus Parylene zusätzlich eine Metallschicht aufgebracht ist. Dies geschieht am einfachsten durch Metallisieren der Oberfläche. Auf diese Weise wird eine kaum noch zu überbietende Barriere für Wasserdampf geschaffen, so daß das piezoelektrische Element und insbesondere die piezokeramischen Schichten äußerst effektiv geschützt sind. Aufgrund der hohen Dielektrizitätszahl von Parylene ist auch bei einer äußeren Metallschicht das piezoelektrische Element weiterhin berührungssicher.

10

Vorteilhafterweise besteht die Metallschicht aus Silber, Kupfer, Aluminium, Zinn oder Titan.

15

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

FIG 1 in einem Längsschnitt ein monomorphes piezoelektrisches Element mit einer einzelnen piezokeramischen Schicht, die auf einen Träger aufgebracht ist,

20

FIG 2 in einem Querschnitt das piezoelektrische Element gemäß Figur 1,

FIG 3 in einem Längsschnitt ein multimorphes piezoelektrisches Element mit einem Träger, der beidseitig jeweils mit einem Stapel aus piezokeramischen Schichten versehen ist,

25

FIG 4 in einem vergrößerten Ausschnitt aus dem Querschnitt gemäß Figur 2, eine äußere Beschichtung aus Parylene, auf welcher zusätzlich eine Metallschicht aufgebracht ist,

30

FIG 5 in einem Querschnitt ein piezoelektrisches Element aus einer Vielzahl von piezokeramischen Schichten,

35

FIG 6 die chemische Struktur von Parylene N,

FIG 7 die chemische Struktur von Parylene C und

FIG 8 die chemische Struktur von Parylene D.

5 In Figur 1 ist in einem Längsschnitt ein piezoelektrisches Element mit einer piezokeramischen Schicht 1 auf einem Träger 2 dargestellt. Die piezokeramische Schicht 1 befindet sich dabei zwischen einer äußeren Elektrode 4 und einer inneren Elektrode 5. Beide Elektroden 4, 5 sind als Metallisierung  
10 flächig aufgebracht. Die mit den Elektroden 4, 5 versehene piezokeramische Schicht 1 ist über eine zusätzliche leitfähige Belegung 7 mit dem Tragkörper 2 fest verbunden.

Die piezokeramische Schicht 1 besteht aus einer Blei-Titanat-Zirkonat-Oxidkeramik (PZT-Keramik), deren chemische Zusammen-  
15 setzung eine Anpassung an die unterschiedlichsten geforderten elektrischen und mechanischen Eigenschaften erlaubt. Der Träger selbst kann aus einem Metall, einem Kunststoff und insbesondere aus einem faserverstärkten Epoxidharz bestehen.

20 Die zusätzliche leitfähige Belegung 7 zwischen innerer Elektrode 5 und dem Träger 2 erhöht im Falle eines nicht leitenden Trägers 2, beispielsweise aus einem glasfaserverstärkten Epoxidharz, die Ausfallsicherheit des piezoelektrischen Elements. In diesem Fall - wie dargestellt - ist zur elektrischen Kontaktierung der inneren Elektrode 5 die zusätzliche leitfähige Belegung 7 auf den freien Teil des nicht leitenden  
25 Tragkörpers 2 geführt, und dort mit einem Kontaktdraht 8 über eine Lötstelle 9 gebondet. Die elektrische Kontaktierung der äußeren Elektrode 4 ist nicht dargestellt. Diese kann jedoch  
30 über einen direkt mit der äußeren Elektrode 4 gebondeten weiteren Kontaktdraht erfolgen.

Das gesamte piezoelektrische Element gemäß Figur 1 wird nach  
35 der Verbindung der einzelnen Komponenten inklusive der Kontaktdrähte 8 auf die in der Beschreibung dargestellte Art und Weise mit einer äußeren Beschichtung P aus Parylene C be-

schichtet. Dabei beträgt die Dicke der Beschichtung P aus Parylene 30  $\mu\text{m}$ . Durch das Abscheiden und Polymerisieren von Parylene aus der Gasphase auf der Oberfläche des piezoelektrischen Elements legt sich die äußere Beschichtung P aus Parylene auch problemlos über Kanten und Ecken des piezoelektrischen Elements. Gerade an diesen Stellen entstehen bei üblichen Beschichtungen wie Lacken durch das Auftreten von Menisken oder "Nasen" erhebliche Probleme, da die äußere Form nicht erhalten bleibt. Gerade dies ist bei einer äußeren Beschichtung P mit Parylene nicht der Fall.

Das in Figur 1 dargestellte piezoelektrische Element eignet sich insbesondere als ein sogenannter Biegewandler. Beim Anlegen einer Spannung zwischen der äußeren Elektrode 4 und der inneren Elektrode 5 entsteht am Ort der piezokeramischen Schicht 1 ein elektrisches Feld. Aufgrund dieses elektrischen Feldes dehnt oder staucht sich je nach Polarisationsrichtung die piezokeramische Schicht 1. Im vorliegenden Fall wird die Dehnung oder Stauchung senkrecht zur Richtung des elektrischen Feldes und in Längsrichtung des Trägers 2 ausgenutzt. Eine Dehnung oder Stauchung der piezokeramischen Schicht 1 in Längsrichtung des Trägers 2 führt zu einer Verbiegung des Trägers 2 gegenüber seiner Normallage. Wird der Träger 2 an seinem festen Ende fixiert, so kann die Auslenkung des Biegewandlers am anderen Ende des Trägers 2 zur Steuerung oder zur Betätigung einer weiteren mechanischen Komponente verwendet werden.

Figur 2 zeigt in einem Querschnitt das piezoelektrische Element gemäß Figur 1. Man erkennt deutlich, daß die äußere Beschichtung P aus Parylene das piezoelektrische Element samt Seitenflächen und der äußeren Elektrode 4 komplett umgibt.

Der gebondete Kontaktdraht 8 ist mitsamt der Lötstelle 9 ebenfalls mit Parylene beschichtet. Dies erhöht die mechanische Belastbarkeit des Kontaktdrahtes 8.

In Figur 3 ist in einem Längsschnitt ein weiteres piezoelektrische Element dargestellt. Dieses piezoelektrische Element umfaßt einen ersten Stapel S1 und einen zweiten Stapel S2 mit jeweils einer Vielzahl von piezokeramischen Schichten 10. Die beiden Stapel S1 und S2 sind gegenüberliegend auf einem Träger 11 aufgebracht. Je nach Anforderung an das piezoelektrische Element kann der Träger 11 aus den verschiedensten Materialien wie Metall, Stahl, Kunststoff, etc. bestehen. Auch kann der Träger 11 selbst aus einer Piezokeramik gefertigt sein. Der Träger 11 kann dabei zur Verbesserung der Umsetzung von mechanischer in elektrische Energie (oder umgekehrt) verwendet sein. Er kann aber auch die Funktion einer bloßen Zwischenschicht zwischen dem ersten Stapel S1 und dem zweiten Stapel S2 aufweisen. Eine derartige Zwischenschicht baut mechanische Spannungen zwischen dem ersten Stapel S1 und dem zweiten Stapel S2 ab.

Der erste Stapel S1 weist jeweils als Metallisierungsschicht ausgebildete erste Elektroden 12 und diesen benachbarte zweite Elektroden 13 auf. Entsprechend weist der zweite Stapel S2 zwischen den piezokeramischen Schichten 10 erste Elektroden 14 und diesen benachbart zweite Elektroden 16 auf.

Die ersten Elektroden 12 sind - nicht näher dargestellt - über den Kontaktdraht 17 kontaktiert. Die zweiten Elektroden 13 sind über eine ebenfalls nicht näher dargestellte äußere Elektrode und einen daran gebondeten zweiten Kontaktdraht 18 kontaktiert. Entsprechend sind die ersten Elektroden 14 des zweiten Stapels S2 über den dritten Kontaktdraht 19 und die zweiten Elektroden 16 des zweiten Stapels S2 über den vierten Kontaktdraht 20 elektrisch kontaktiert. Alle Kontaktdrähte 17, 18, 19 und 20 sind über eine Lötstelle mit einer entsprechenden Anschlußelektrode gebondet.

Das gesamte piezoelektrische Element gemäß Figur 3 ist wiederum komplett mit einer äußeren Beschichtung P aus Parylene umhüllt. Auch die aus Kupfer bestehenden und etwa 100 µm dik-

ken Kontaktdrähte sind zur Erhöhung der mechanischen Stabilität mit Parylene beschichtet.

Auch das in Figur 3 dargestellte piezoelektrische Element eignet sich als ein Biegewandler, weist jedoch gegenüber dem Biegewandler in Figur 1 bei gleicher Versorgungsspannung eine höhere Stellkraft auf.

Figur 4 zeigt in einem vergrößerten Ausschnitt A aus Figur 2 die Beschichtung des piezoelektrischen Elements, wie es in den Figuren 1 und 2 dargestellt ist. In dem Ausschnitt A ist deutlich zu erkennen, daß die äußere Beschichtung P aus Parylene C zusätzlich mit einer Metallschicht M umhüllt ist. Die Metallschicht M besteht aus Silber und wurde durch Metallisieren (beispielsweise durch Abscheiden aus der Gasphase) auf die äußere Beschichtung P aus Parylene aufgebracht. Durch die Doppelbeschichtung mit Parylene und Metallschicht M ist das piezoelektrische Element äußerst effektiv gegen äußere Einflüsse und insbesondere gegen eindringenden Wasserdampf geschützt.

Figur 5 zeigt in einem Querschnitt ein weiteres piezoelektrisches Element, welches einen einzelnen Stapel S3 aus einer Anzahl von piezokeramischen Schichten 21 mit dazwischenliegenden ersten Elektroden 22 und zweiten Elektroden 23 aufweist. Bei einem solchen Element kann insbesondere die Ausdehnung oder Stauchung der piezokeramischen Schichten parallel oder antiparallel zum elektrischen Feld ausgenutzt werden. Das gesamte piezoelektrische Element gemäß Figur 5 dehnt oder staucht sich bei Anlegen einer elektrischen Spannung an die ersten Elektroden 22 und die zweiten Elektroden 23 in Stapelrichtung.

Zum Anschluß der ersten Elektroden 22 und der zweiten Elektroden 23 sind Kontaktdrähte 25 bzw. 26 vorgesehen. Diese sind über an den Seitenflächen des piezoelektrischen Elements angeordnete und jeweils nur mit jeder zweiten Elektrode kontaktierte äußeren Elektroden elektrisch kontaktiert. Das in

Figur 5 dargestellte piezoelektrische Element eignet sich beispielsweise als ein Aktor zur Betätigung eines Stellgliedes in einem Ventil. Das piezoelektrische Element gemäß Figur 5 kann dabei in Pneumatik-, Einspritz- oder sonstigen Ventilen eingesetzt werden. Auch dieses Element zeigt aufgrund des Schichtenaufbaus (auch Multilayer-Aufbau genannt) eine hohe Stellkraft.

Das gesamte piezoelektrische Element gemäß Figur 5 ist mit einer äußeren Beschichtung P aus Parylene N versehen. Dies ermöglicht einen Einsatz bei Temperaturen bis ca. 160 °C. Auch die Kontaktdrähte 25 und 26 sind wiederum mit Parylene beschichtet.

In den Figuren 6, 7 und 8 sind jeweils die chemischen Strukturen von Parylene N, Parylene C bzw. Parylene D dargestellt. Parylene N gemäß Figur 6 weist keine Substitution der aromatischen Wasserstoff-Atome. Bei Parylene C gemäß Figur 7 ist ein aromatisches Wasserstoff-Atom durch ein Chlor-Atom, wie dargestellt, ersetzt. Parylene D schließlich zeigt gemäß Figur 8 eine Substitution zweier aromatischer Wasserstoff-Atome durch zwei Chlor-Atome. Auf einer äußeren Beschichtung aus Parylene beträgt n etwa 5000.

## Patentansprüche

1. Piezoelektrisches Element mit mindestens einer zwischen Elektroden (4,5,12,13,14,16,22,23) angeordneten piezokeramischen Schicht (1,10,21) gekennzeichnet durch eine äußere Beschichtung (P) aus Parylene.  
5
2. Piezoelektrisches Element nach Anspruch 1, mit einem Träger (2,11), der die piezokeramische Schicht (1,10,21) trägt.  
10
3. Piezoelektrisches Element nach Anspruch 1 oder 2, mit mindestens einem Stapel (S1,S2,S3) aus einer Mehrzahl von piezokeramischen Schichten (1,10,21) und dazwischen angeordneten Elektroden (4,5,12,13,14,16,22,23).  
15
4. Piezoelektrisches Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die elektrische Kontaktierung der Elektroden (4,5,12,13,14,16,22,23) über mindestens einen gebondeten Kontaktdraht (8,17,18,19,20,25,26) erfolgt.  
20
5. Piezoelektrisches Element nach Anspruch 4, wobei der oder jeder Kontaktdraht (8,17,18,19,20,25,26) eine Dicke von 20 bis 200 µm besitzt.  
25
6. Piezoelektrisches Element nach Anspruch 4 oder 5, wobei zumindest ein Teilstück des oder jeden Kontaktdrahts (8,17,18,19,20,25,26) ebenfalls mit Parylene beschichtet ist.
- 30 7. Piezoelektrisches Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer äußeren Beschichtung (P) aus Parylene C.
8. Piezoelektrisches Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Beschichtung (P) 20 bis 50 µm dick aufgebracht ist.  
35



9. Piezoelektrisches Element nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem auf die äußere Beschichtung (P) aus Parylene zusätzlich eine Metallschicht (M) aufgebracht ist.

- 5 10. Piezoelektrisches Element nach Anspruch 9, bei dem die Metallschicht (M) aus Silber, Kupfer, Aluminium, Zinn oder Titan besteht.

1/3

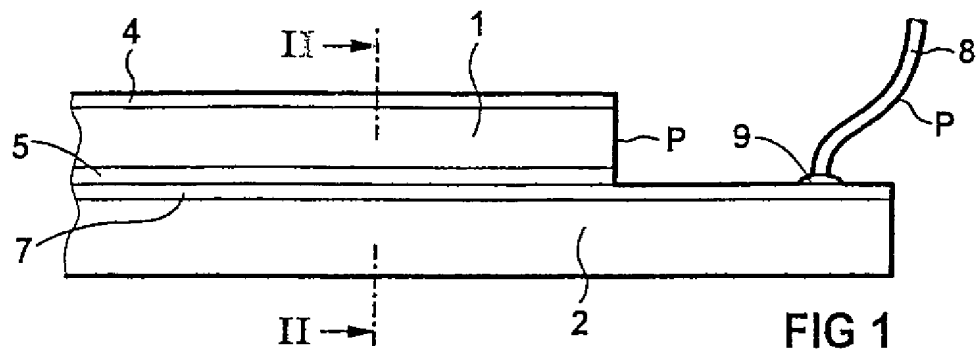


FIG 1

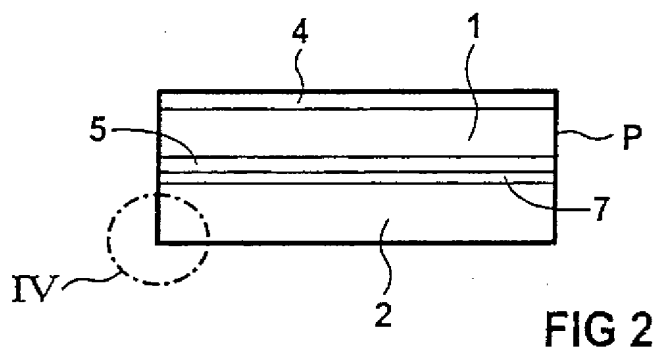


FIG 2

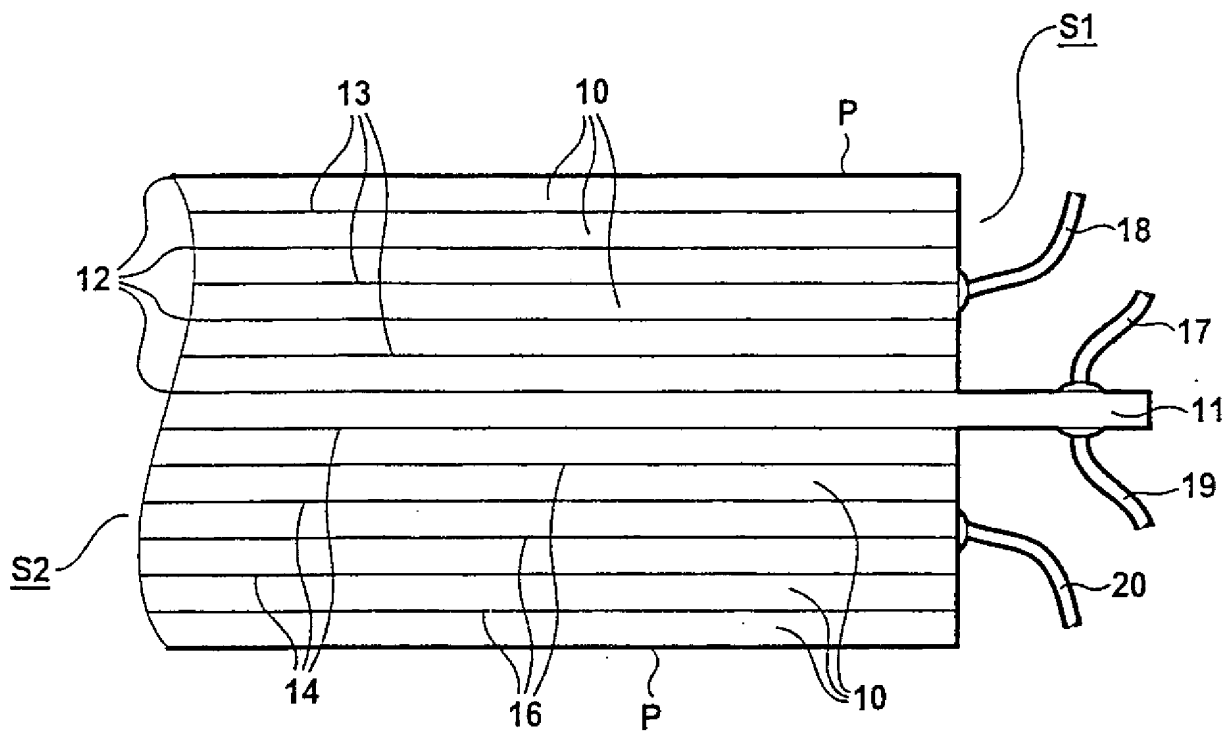


FIG 3

2/3

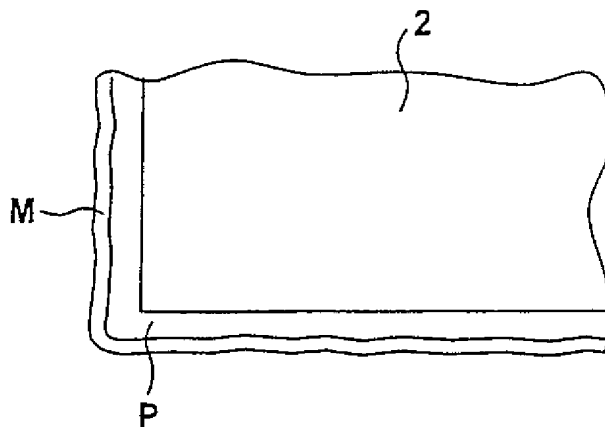


FIG 4

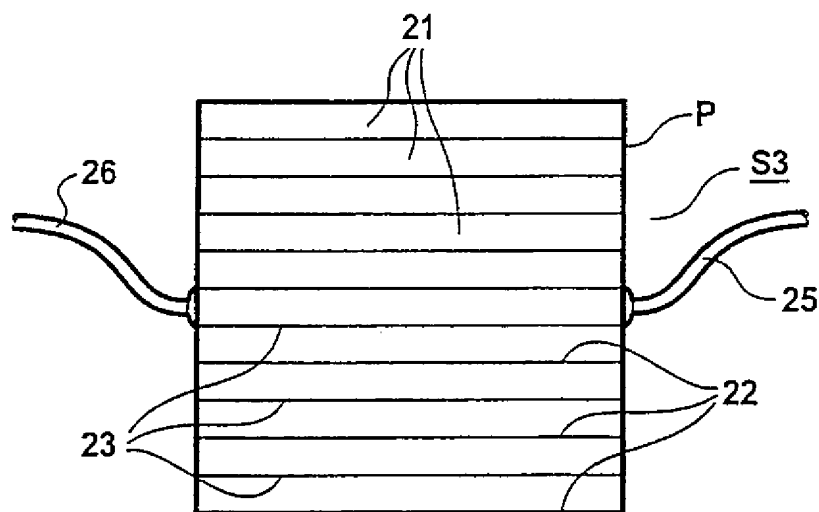


FIG 5

3/3

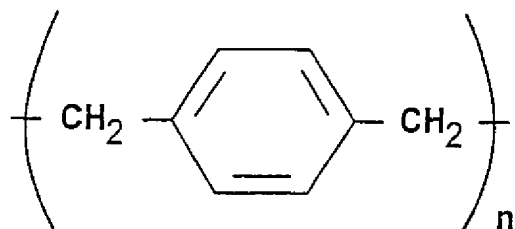


FIG 6

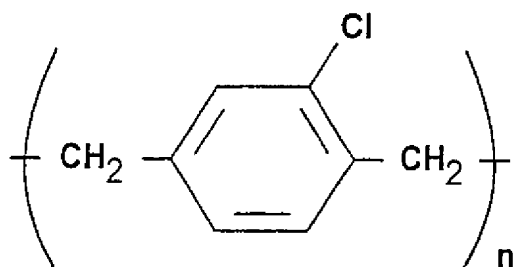


FIG 7

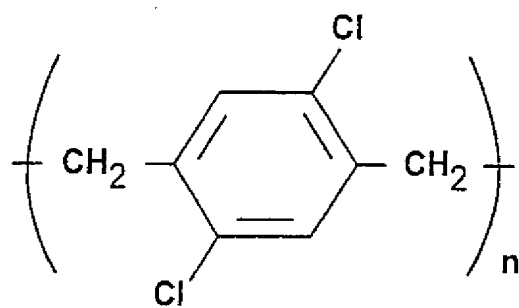


FIG 8

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
5. Juli 2001 (05.07.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/48834 A3

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 41/053,  
41/083

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/04622

(22) Internationales Anmeldedatum:  
22. Dezember 2000 (22.12.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
199 62 621.9 23. Dezember 1999 (23.12.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(71) Anmelder (nur für US): HOFMANN, Renate [DE/DE];  
Loshülze 16, 96257 Redwitz (DE).

(72) Erfinder: HOFMANN, Herbert (verstorben).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RIEDEL, Michael  
[DE/DE]; Johann-Sebastian-Bach-Str. 6, 96472 Rö-  
dental (DE). SCHMID, Andreas Joseph [DE/DE];  
Georg-Friedrich-Händel-Str. 27, 96247 Michelau (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): CN, JP, KR, RU, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

Veröffentlicht:

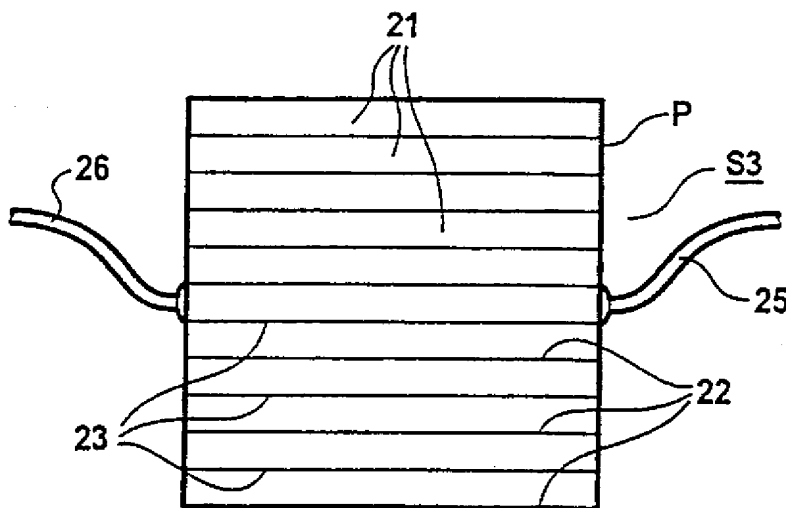
— mit internationalem Recherchenbericht

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen  
Recherchenberichts: 27. Dezember 2001

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: PIEZOELECTRIC ELEMENT

(54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCHES ELEMENT



(57) Abstract: The invention relates to a piezoelectric element, comprising at least one piezoceramic layer (1, 10, 21) that is located between electrodes (4, 5, 12, 13, 14, 16, 22, 23). An element of this type can be used as a sensor, an actuator or similar. In order to increase the life cycle of the piezoelectric element, in particular during use in a humid or chemically aggressive atmosphere, the piezoelectric element is coated (P) externally with parylene.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein piezoelektrisches Element mit mindestens einer zwischen Elektroden (4,5,12,13,14,16,22,23) angeordneten piezokeramischen Schicht (1,10,21). Ein solches Element kann als Sensor, Stellelement, Aktor und dergleichen verwendet werden. Zur Erhöhung der Lebensdauer des piezoelektrischen Elements, insbesondere bei einem Einsatz in feuchter oder chemisch aggressiver Atmosphäre oder in Flüssigkeiten, ist das piezoelektrische Element mit einer äußeren Beschichtung (P) aus Parylene versehen.

WO 01/48834 A3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 00/04622

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H01L41/053 H01L41/083

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 99 25033 A (DEKA PRODUCTS LP) 20 May 1999 (1999-05-20) page 2, line 24 -page 5, line 24; figure 2	1,3
X	THIAGARAJAN S ET AL: "Dual layer matching (20 MHz) piezoelectric transducers with glass and parylene" IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS AND FREQUENCY CONTROL, vol. 44, no. 5, September 1997 (1997-09), pages 1172-1174, XP000722417 ISSN: 0885-3010	1,7,8
A	the whole document	4-6

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 August 2001

Date of mailing of the international search report

08/08/2001

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/04622

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 98 37343 A (ENGINEERING MEASUREMENTS CO) 27 August 1998 (1998-08-27) page 7, line 25 -page 11, line 14; figure 10	1,8,9
A	DE 40 36 287 A (HITACHI METALS LTD) 23 May 1991 (1991-05-23) page 5, line 23 -page 6, line 22 page 8, line 13 - line 31 figure 2D	1,3,4,6
A	DE 196 20 826 A (SIEMENS AG) 27 November 1997 (1997-11-27) cited in the application column 7, line 30 -column 10, line 30	1,2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/04622

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9925033 A	20-05-1999	EP 1029374 A US 6118207 A	23-08-2000 12-09-2000
WO 9837343 A	27-08-1998	US 6062256 A CN 1247605 T EP 0960364 A US 6095175 A US 6230731 B	16-05-2000 15-03-2000 01-12-1999 01-08-2000 15-05-2001
DE 4036287 A	23-05-1991	GB 2239553 A, B JP 2740342 B JP 3272373 A US 5092360 A US 5281885 A	03-07-1991 15-04-1998 04-12-1991 03-03-1992 25-01-1994
DE 19620826 A	27-11-1997	WO 9744834 A DE 29623089 U EP 0902986 A JP 11512887 T	27-11-1997 11-12-1997 24-03-1999 02-11-1999



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/04622

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01L41/053 H01L41/083

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 99 25033 A (DEKA PRODUCTS LP) 20. Mai 1999 (1999-05-20) Seite 2, Zeile 24 -Seite 5, Zeile 24; Abbildung 2	1,3
X	THIAGARAJAN S ET AL: "Dual layer matching (20 MHz) piezoelectric transducers with glass and parylene" IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS AND FREQUENCY CONTROL, Bd. 44, Nr. 5, September 1997 (1997-09), Seiten 1172-1174, XP000722417 ISSN: 0885-3010	1,7,8
A	das ganze Dokument	4-6

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausleistung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. August 2001

Absenddatum des Internationalen Recherchenberichts

08/08/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Köpf, C

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

II Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/04622

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 98 37343 A (ENGINEERING MEASUREMENTS CO) 27. August 1998 (1998-08-27) Seite 7, Zeile 25 -Seite 11, Zeile 14; Abbildung 10 ----	1,8,9
A	DE 40 36 287 A (HITACHI METALS LTD) 23. Mai 1991 (1991-05-23) Seite 5, Zeile 23 -Seite 6, Zeile 22 Seite 8, Zeile 13 - Zeile 31 Abbildung 20 ----	1,3,4,6
A	DE 196 20 826 A (SIEMENS AG) 27. November 1997 (1997-11-27) in der Anmeldung erwähnt Spalte 7, Zeile 30 -Spalte 10, Zeile 30 -----	1,2

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/04622

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9925033 A	20-05-1999	EP 1029374 A US 6118207 A	23-08-2000 12-09-2000
WO 9837343 A	27-08-1998	US 6062256 A CN 1247605 T EP 0960364 A US 6095175 A US 6230731 B	16-05-2000 15-03-2000 01-12-1999 01-08-2000 15-05-2001
DE 4036287 A	23-05-1991	GB 2239553 A,B JP 2740342 B JP 3272373 A US 5092360 A US 5281885 A	03-07-1991 15-04-1998 04-12-1991 03-03-1992 25-01-1994
DE 19620826 A	27-11-1997	WO 9744834 A DE 29623089 U EP 0902986 A JP 11512887 T	27-11-1997 11-12-1997 24-03-1999 02-11-1999